

Abordagem Grafo E/OU para resolver o problema de corte bidimensional com sobras aproveitáveis

Luiz Carlos Felix Ribeiro*

Adriana Cristina Cherri

Departamento de Matemática, UNESP
17033-360, Bauru, SP
E-mail: luizfelix@yahoo.com, adriana@fc.unesp.br

Andréa Carla Gonçalves Vianna

Departamento de Computação, UNESP
17033-360, Bauru, SP
E-mail: vianna@fc.unesp.br

RESUMO

Os problemas de corte (PCE) são problemas de otimização combinatória que consistem no corte de peças maiores (*placas*) em peças menores (*itens*) otimizando um objetivo, que pode ser a minimização das perdas, maximização do lucro, minimização do número total de objetos a serem cortados, entre outros. Este é um problema frequente em indústrias que trabalham com o corte de chapas metálicas, de vidro e de madeira, entre vários outros. De modo geral, os PCE são problemas importantes devido às várias aplicações industriais e interessantes do ponto de vista acadêmico devido à complexidade computacional da otimização combinatória.

Existem várias situações em que surgem os PCE, cada uma delas com suas particularidades, restrições e objetivos definidos pelas exigências práticas impostas em cada ambiente em que estes problemas aparecem. Para estes problemas, pequenas variações levam a diferentes modelagens e métodos de solução. Assim, neste trabalho, será feita uma revisão do problema de corte de estoque com ênfase aos PCE bidimensionais e um estudo que envolve o aproveitamento de sobras para estes problemas.

O estudo sobre problemas de corte de estoque com sobras aproveitáveis (PCESA) é recente na literatura e, em sua maioria, desenvolvido para problema de corte unidimensionais. Para resolver este problema, Abuabara e Morabito [1] reescreveram modelos matemáticos propostos por Gradisar *et al.* [7]. O problema de corte de estoque com sobras aproveitáveis também foi estudado por Cherri *et al.* [3] em que heurísticas da literatura foram modificadas, de modo que as sobras geradas em cada padrão de corte deveriam ser pequenas para serem descartadas como perdas ou suficientemente grandes para serem estocadas como retalhos, os quais seriam utilizados no atendimento de futuras demandas.

Cui e Yang [6] modificaram o problema proposto por Scheithauer [10] incluindo limitações no estoque de objetos e na quantidade de retalhos que podem ser geradas em um padrão de corte. Cherri *et al.* [5] realizaram alterações no problema proposto por Cherri *et al.* [3] priorizando o corte de retalhos disponíveis em estoque.

No caso bidimensional, Andrade *et al.* [2] apresentaram dois modelos matemáticos para resolver o problema de corte bidimensional guilhotinado 2-estágios não-exato com sobras aproveitáveis. Basicamente, os modelos consistem em cortar os itens demandados utilizando um conjunto de placas com custo mínimo e entre todas as possíveis soluções com custo mínimo, escolher aquelas que maximizam o valor da sobra gerada.

O problema de corte de estoque com sobras aproveitáveis (PCESA) apresentado neste trabalho é baseado em Cherri [4], porém, voltado para problemas bidimensionais e, consiste em aproveitar sobras de padrões de corte (pedaços cortados, não demandados) desde que estas não sejam demasiadamente pequenas. Para resolver este problema, alterações foram realizadas na abordagem Grafo E/OU Morabito [8] e em procedimentos heurísticos da literatura propostos por Poldi e Arenales [9].

* Bolsista de Iniciação Científica FAPESP

DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Muitos dos métodos de solução para os PCE buscam minimizar sobras, sendo que, nesses métodos, considera-se como sobra todo pedaço cortado que não seja um item demandado. Embora sobras baixas seja um objetivo desejado, a possibilidade de aproveitá-las para atender demandas futuras introduz uma nova condição na avaliação de uma solução. Assim, planejar padrões de corte que concentrem as sobras geradas é uma alternativa que aumenta as chances delas serem suficientemente grandes para voltarem ao estoque e serem utilizadas no futuro.

O PCESA estudado Cherri [4] consiste em resolver o PCE com o objetivo de minimizar a perda gerada. Para considerar o aproveitamento de sobras, os itens que compõem os padrões de corte podem ser rearranjados ou trocados, de modo a gerar retalhos para o estoque no lugar de determinadas perdas. Considerando o estudo já realizado por Cherri [4], neste trabalho, algumas questões subjacentes serão abordadas.

Para uma melhor compreensão do PCESA, considere o seguinte exemplo, no qual estabelecemos que toda sobra com dimensões superiores a (15×10) é um retalho que pode ser utilizado no atendimento de demandas futuras e as dimensões dos itens a serem cortados são:

- $(\ell_1 \times w_1) = (15 \times 25)$;
 - $(\ell_2 \times w_2) = (21 \times 14)$;
- $(\ell_3 \times w_3) = (12 \times 13)$;
 - $(\ell_4 \times w_4) = (24 \times 21)$.

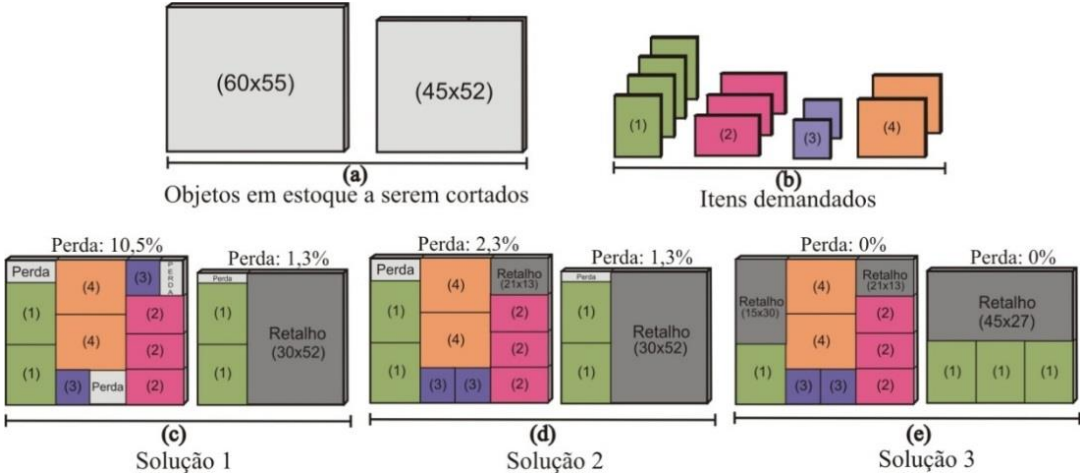


Figura 1: Dados de um problema de corte bidimensional e soluções alternativas

Neste exemplo, os três possíveis padrões de corte são equivalentes se avaliarmos a função objetivo *sobra total* (soma das áreas das sobras nas placas cortadas). Entretanto, a Solução 2 (Fig. 1 - d) deve ser preferível à Solução 1 (Fig. 1 - c), uma vez que se trata de um rearranjo de itens dentro de um padrão de corte. Com relação a Solução 3 (Fig. 1 - e), obtida por desfazer parcialmente a Solução 2, observamos que a perda foi reduzida, porém, o número de retalhos aumentou, ou seja, esta solução adia o desperdício com a demanda atual, na expectativa de que demandas futuras possam ser mais bem adequadas aos retalhos gerados, reduzindo a perda total num horizonte de planejamento, além do período atual.

O estudo deste problema foi desenvolvido e implementado utilizando a linguagem de programação Delphi e apresenta soluções aceitáveis. Entretanto, algumas alterações devem ser realizadas no código existente, entre elas, a troca do método utilizado para determinar o limitante inferior no processo de busca no Grafo E/OU e, como o novo método que será implementado está escrito na linguagem de programação C, é necessário que todo o código atual em Delphi seja reescrito nesta linguagem. Atualmente, este limitante é obtido por meio de padrões de corte homogêneos e pretende-se utilizar padrões 2-estágios. Embora esta estratégia necessite maior esforço computacional, as soluções obtidas são melhores que as atuais, dessa forma é possível reduzir o tempo computacional utilizado durante o processo de busca.

Outro motivo que justifica a troca da linguagem de programação do código existente é a possibilidade de, futuramente, utilizar o software CPLEX juntamente com o Grafo E/OU para resolver o problema de corte bidimensional com sobras aproveitáveis e, para isto, é necessário que o código esteja implementado na linguagem de programação C. Além disso, as frequências dos padrões de corte com retalhos também precisam ser analisadas e alteradas para controlar o aumento destes futuros objetos. Alguns parâmetros também precisam ser ajustados para a obtenção de boas soluções que devem priorizar o corte de retalhos disponíveis em estoque.

Por fim, este trabalho que encontra-se em fase inicial de desenvolvimento, tem como objetivo revisar alguns trabalhos da literatura que abordam os PCE bidimensionais e o PCESA, além de reescrever o código existente que resolva o problema do corte bidimensional com sobras aproveitáveis na linguagem C, bem como desenvolver e implementar estratégias que controlem a geração de retalhos durante o processo de corte.

Palavras-chave: *aproveitamento de sobras, problema de corte bidimensional, abordagem em Grafo E/OU.*

Referências

- [1] Abuabara, A, Morabito R., *Cutting optimization of structural tubes to build agricultural light aircrafts. Annals of Operations Research*, 149: 149-165, (2009).
- [2] Andrade R., Birgin E. G., Morabito R., *Two-stage two-dimensional guillotine cutting problems with usable leftovers*. Available in: <http://www.ime.usp.br/~egbirgin/publications/abmro.pdf> (2013).
- [3] Cherri, A. C., Arenales, M. N., Yanasse, H. H., *The one dimensional cutting stock problems with usable leftover: A heuristic approach*. European Journal of Operational Research, 196: 897-908, (2009a).
- [4] Cherri, A.C., *Algumas extensões do problema de corte de estoque com sobras de material aproveitáveis*. Tese de doutorado, ICMC - USP, São Carlos, Brasil (2009b).
- [5] Cherri, A. C., Arenales, M. N., Yanasse, H. H., *The usable leftover one-dimensional cutting stock problem—a priority-in-use heuristic*. International Transactions in Operational Research, 20: 189–199 (2013).
- [6] Cui, Y., Yang, Y., A heuristic for the one-dimensional cutting stock problem with usable leftover. European Journal of Operational Research, 204: 245-250, (2010).
- [7] Gradišar, M., Jesenko, J., Resinovic, C., *Optimization of roll cutting in clothing industry*. Computers & Operations Research, 10: 945-953, (1997).
- [8] Morabito, R., *Corte de estoque bidimensional*. Dissertação de Mestrado, ICMC - USP, SP, Brasil (1989).
- [9] Poldi, K. C., Arenales, M. N., *Heuristics for the one-dimensional cutting stock problem with limited multiple stock lengths*. Computers and Operations Research, 36: 2074 – 2081, (2009).
- [10] Scheithauer, G., *A note on handling residual length*. Optimization, 22: 461-466, (1991).